

I MIGLIORI MODELLI METEO NASCONO A READING

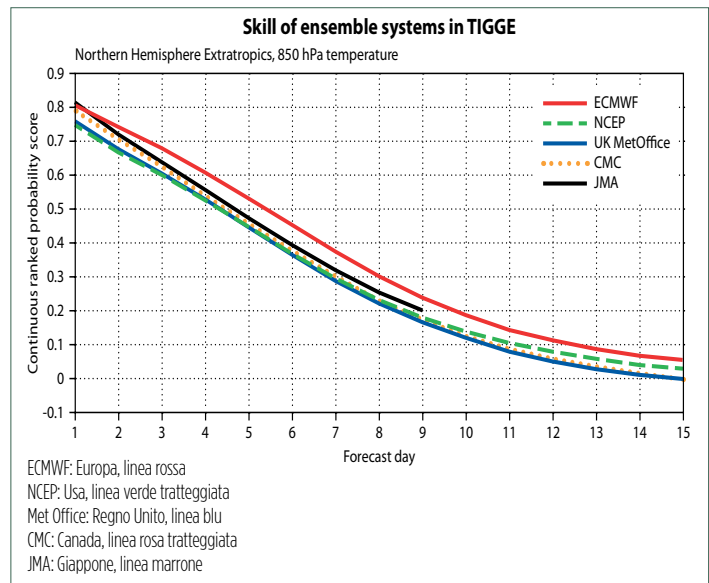
IL CENTRO METEOROLOGICO EUROPEO ECMWF DI READING, IN INGHILTERRA, È IL LEADER MONDIALE NEL CAMPO DELLA PREVISIONE GLOBALE A MEDIO TERMINE. L'ITALIA È UNO DEI MEMBRI FONDATORI. NEGLI ANNI IL CENTRO HA SVILUPPATO MOLTI SISTEMI PER MIGLIORARE SEMPRE PIÙ L'AFFIDABILITÀ DELLE PREVISIONI.

Creato nel 1975, Ecmwf (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*) mantiene la posizione di leader mondiale nel campo della previsione globale a medio termine (con 'medio termine' intendiamo previsioni valide per i prossimi 15 giorni, vedi *figura 1*).

Oggi Ecmwf, con un personale di circa 250 persone, e un budget annuale di circa 61 milioni di euro (l'Italia contribuisce per circa il 12%), fornisce previsioni a varie risoluzioni spatio-temporali globali valide dai prossimi giorni ai prossimi 13 mesi (vedi *tabelle 1-3*). Gli obiettivi principali di Ecmwf, consistenti con quelli definiti alla sua nascita e rivisti recentemente quando la strategia di sviluppo per il periodo 2011-2020 è stata redatta (<http://bit.ly/Ecmwf>), sono:

FIG. 1
AFFIDABILITÀ DEI
MODELLI

Livelli di precisione delle previsioni probabilistiche dei 5 sistemi globali leader nel settore. La precisione è misurata dal Continuous Rank Probability Skill Score (1 per un forecast perfetto e 0 per un forecast con lo stessa precisione della climatologia) per previsioni probabilistiche della temperatura a 850 hPa sull'emisfero nord.



LA PREVISIONE METEO

TAB. 1
INTEGRATED
FORECASTING SYSTEM

Caratteristiche principali delle componenti atmosferiche dell'Ecmwf "Integrated Forecasting System (IFS)" utilizzate nel 2012 per fornire analisi e previsioni.

	Tipo: analisi o previsione (pr. con scala temporale della previsione)	Numero di elementi	Risoluzione orizzontale	Numero di livelli in verticale	Altezza massima dell'atmosfera	Schemi di simulazione delle approssimazioni	Ciclo del modello
HRES	pr 0-10 gg	1	16 km	91	0.01 hPa	no	38r1 (2012)
ENS	pr 0-10 gg pr 10-32 gg	51	32 km 64 km	62	0.5 hPa	si (iniziali, modello)	38r1 (2012)
4DVAR	analisi	1	16 km	91	0.01 hPa	no	38r1 (2012)
EDA	analisi	11	50 km	91	0.01 hPa	si (osservazioni, modello)	38r1 (2012)
SEAS	pr 0-13 mesi	51	80 km	91	0.01 hPa	si (iniziali, modello)	36r4 (2011)
ERA	analisi	1	80 km	60	0.1 hPa	no	33r1 (2006)

HRES: alta risoluzione. ENS: sistema di previsione probabilistico a medio-termine e scala mensile. 4DVAR: assimilazione dati ad alta risoluzione. EDA: sistema d'analisi probabilistico. SEAS: sistema di previsione probabilistico stagionale. ERA: sistema di ri-analisi.

TAB. 2
RE-FORECAST

Caratteristiche delle componenti "re-forecast" di ENS e SEAS utilizzate per stimare la climatologia del modello, e quindi per costruire prodotti quali Extreme Forecast Index (Efi) mostrato in figura 2.

	Scala temporale della previsione	Numero di elementi e frequenza	Risoluzione orizzontale	Numero di livelli in verticale	Altezza massima dell'atmosfera	Schemi di simulazione delle approssimazioni	Ciclo del modello	Numero di anni
ENS	pr 0-10 day pr 10-32 day	5, 1 volta a settimana	32 km 64 km	62	0.5 hPa	si (iniziali, modello)	38r1 (2012)	20 (past 20y)
SEAS	pr 0-13m	15, una volta al mese	80 km	91	0.01 hPa	si (iniziali, modello)	36r4 (2011)	30 (1981-2010)

ENS: sistema di previsione probabilistico a medio-termine e scala mensile. SEAS: sistema di previsione probabilistico stagionale.

- di preparare previsioni globali a medio termine, a scala mensile e stagionale
- di continuare a sviluppare modelli e metodi numerici che portino a un continuo miglioramento delle previsioni
- di raccogliere giornalmente le osservazioni globali del sistema atmosfera-terra-oceano, archivarle, e renderle disponibili insieme a tutti i suoi prodotti.

Ecmwf ha inoltre come obiettivi

- di mettere a disposizione parte delle risorse di calcolo agli stati membri e fornire training
- di contribuire ai programmi di ricerca e sviluppo coordinati dalla Commissione europea e dalla Organizzazione meteorologica mondiale (Wmo), nei settori dove può offrire competenza e supporto logistico.

Il continuo successo di Ecmwf è dovuto alla combinazione di tre elementi fondamentali:

- il continuo supporto dei 19 stati membri (l'Italia è uno dei membri fondatori) e dei 15 stati cooperanti, che ha garantito negli anni le risorse necessarie per attrarre personale altamente specializzato e per garantire le risorse di calcolo necessarie
 - lo sviluppo di modelli all'avanguardia in grado di simulare i processi del sistema accoppiato atmosfera-terra-oceano sempre più accuratamente, e di nuove tecniche di assimilazione dei dati e di previsioni probabilistiche
 - l'interazione con i servizi meteorologici e gli istituti di ricerca degli stati membri, e la collaborazione scientifica con i migliori enti mondiali nel settore dell'assimilazione dati, previsione numerica ed oceanografia.
- Questi tre elementi hanno fatto sì che Ecmwf sviluppasse una chiara e riconosciuta leadership in settori chiave quali l'assimilazione dati, le previsioni probabilistiche, lo sviluppo di sistemi accoppiati oceano-atmosfera per la previsione stagionale e la re-analisi delle situazioni passate. Ad esempio, lo sviluppo negli anni 90 di sistemi di assimilazione variazionale a 4-dimensioni (spazio-temporali) ha garantito la possibilità di assimilare in maniera sempre più precisa dati da satellite, e quindi di stimare lo stato del sistema (cioè le condizioni iniziali di ogni integrazione numerica) sempre più accuratamente. Tale capacità viene costantemente migliorata grazie ai continui miglioramenti nella rappresentazione dei processi fisici di base



FOTO: ARCHIVO ECMWF

1

TAB. 3
ANALISI
DELL'OCEANO

Caratteristiche principali delle componenti dell'oceano dell'Ecmwf "Integrated Forecasting System" (IFS).

	Tipo: analisi o previsione (pr. con scala temporale della previsione)	Numero di elementi	Risoluzione orizzontale	Numero di livelli in verticale	Ciclo del modello
NEMO	0-13 mesi	51	1 grado	42	2011
ORA-ORTA	analisi	5	1 grado	42	2011

NEMO: caratteristiche utilizzate nel 2012 per fornire le previsioni probabilistiche ENS e SEAS.
ORA-ORTA: caratteristiche utilizzate nel 2012 per produrre analisi in tempo reale (ORA) e le ri-analisi (ORTA).

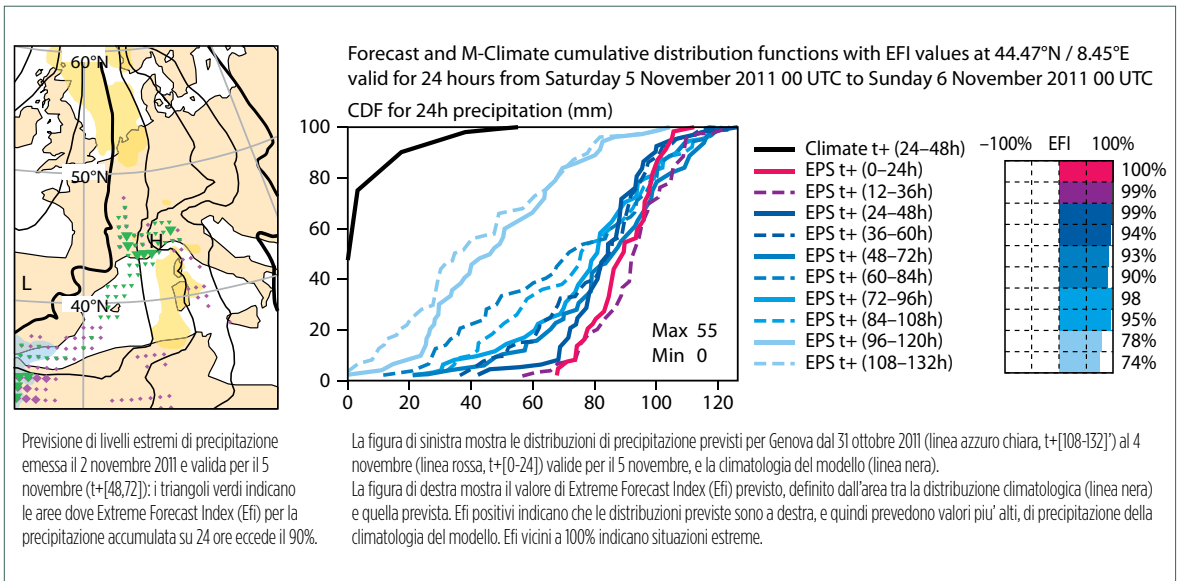
(tra cui la convezione e il ciclo dell'acqua in generale, la radiazione, le nubi, la turbolenza, gli effetti superficiali tra cui quelli legati alla vegetazione). Sempre negli anni 90, la presa di coscienza che fornire singole stime delle condizioni iniziali e singole previsioni, previsioni chiamate "deterministiche", senza alcuna stima della loro affidabilità, era limitativo, sicuramente non ottimale, ha portato allo sviluppo di sistemi di previsione probabilistica che sono oggi diventati gli elementi fondamentali di previsione su ogni scala temporale. Tali sistemi, basati su multiple integrazioni numeriche, permettono di prevedere sia la situazione più probabile (una previsione singola) che possibili scenari alternativi. In altre parole, tali sistemati innovativi permettono di stimare la probabilità che eventi (rilevanti per gli utenti) possano accadere (ad esempio, di rispondere alla domanda se tra 5 giorni nubifragi possano colpire una particolare località). Un'area di ricerca che negli ultimi 15 anni ha portato miglioramenti alle previsioni a scala mensile e stagionale è stata il riconoscimento del ruolo dell'oceano, e lo sviluppo in collaborazione con enti esterni di modelli accoppiati oceano-atmosfera di previsione e assimilazione, che

permettono agli utenti di Ecmwf di avere accesso a previsioni stagionali tra le più accurate (così hanno concluso Barsnton et al. in un studio pubblicato su Bams nel 2012, <http://bit.ly/bams2012>). Un altro settore in cui Ecmwf ha generato prodotti all'avanguardia è la ri-analisi (sia dell'atmosfera che dell'oceano), che fornisce insieme unici di dati del sistema accoppiato consistenti, generati con lo stesso modello. Tali dati sono essenziali per analizzare evoluzioni temporali dello stato del sistema terra, e per individuare, per esempio, la distribuzione spazio-temporale globale del riscaldamento terrestre. Sono fondamentali per monitorare in modo completo, e non solo in località sparse, il clima, e quindi per capire il comportamento del sistema accoppiato atmosfera-terra-oceano. Malgrado Ecmwf continui ad aumentare la risoluzione dei suoi sistemi predittivi, occorre non dimenticare che i modelli numerici descrivono la realtà in modo approssimato, in parte perché hanno una risoluzione spazio-temporale finita, e in parte perché non sono in grado di considerare tutti i processi e le interazioni, specialmente quelle a piccola scala. È quindi impossibile pensare di ottenere dai modelli globali di Ecmwf dettagli

1 Uno dei due cluster di supercomputer per l'elaborazione dei dati dell'Ecmwf di Reading.

FIG. 2
PREVISIONE DI
EVENTI ESTREMI

Esempio di un prodotto Ecmwf per la previsione di eventi estremi: Extreme Forecast Index (Efi) (sinistra) e distribuzioni di precipitazione previste per il 5 novembre 2012.



locali legati, per esempio, all'orografia o al contrasto terra-mare. Ad esempio, è impossibile richiede alla previsioni del sistema probabilistico a medio-termine Ens dettagli a una scala più fine di circa 64 km (come elencato in *tabella 1*, Ens è basato su una griglia spaziale con una risoluzione di circa 32 km, in grado di risolvere l'evoluzione spazio-temporale onde con una scala superiore a circa 64 km). La ricerca e sviluppo di nuovi prodotti ha fatto sì che oggi Ecmwf generi prodotti che tengono conto di tali approssimazioni, con processi di normalizzazione delle previsioni basate su stime della climatologia del modello calcolate analizzando previsioni degli ultimi 18 anni ri-generate con il sistema attuale (tali previsioni, chiamate

re-forecast, sono oggi parte essenziale delle componenti probabilistiche delle previsioni operative, vedi *tabella 2*). La *figura 2* mostra uno di questi prodotti sviluppati per prevedere eventi estremi, applicato al caso dell'alluvione di Genova del 5 novembre 2011. Prodotti simili a questo vengono generati giornalmente per aiutare i previsori a individuare su una mappa globale le aree dove eventi estremi di precipitazione, vento e temperatura possano accadere nel futuro. La *figura 2* mostra le previsioni probabilistiche e la climatologia per un'area di 64x64 km centrata su Genova. Le previsioni probabilistiche emesse 5 giorni prima dell'evento, il 31 ottobre, davano già una distribuzione di precipitazione molto anomala, con una probabilità del 35%

che valori di precipitazione in eccesso del massimo della climatologia del modello (55 mm/gg, valore massimo previsto negli ultimi 18 anni) potesse accadere. I giorni successivi, le previsioni danno probabilità in eccesso del 75% che più di 100mm/gg di pioggia possano cadere. Probabilità così alte che valori in eccesso di 100 mm/gg, un valore mai osservato nella *re-forecast data-set* basato sugli ultimi 18 anni, possano accadere, segnala chiaramente la severità della situazione (come spiegato sopra, il fatto che le previsioni probabilistiche non abbiano dato massimi in eccesso di 125 mm/gg è legato alla natura stessa dei modelli numerici). Prodotti come questo permettono agli utenti di Ecmwf di identificare con largo anticipo la possibilità che situazioni estreme, anomale, possano accadere, rendendoli quindi in grado di prendere le decisioni necessarie per prepararsi a ogni possibile evenienza.

La *figura 3* mostra due esempi di previsione probabilistica a scala mensile (Ecmwf emette tali previsioni due volte alla settimana, il lunedì e il giovedì alle 00 Utc), possibile oggi grazie allo sviluppo di sistemi di previsione probabilistica basati su modelli accoppiati atmosfera-terra-oceano. La *figura* mostra l'anomalia negativa di temperatura che ha caratterizzato l'Europa nella prima settimana di febbraio del 2012, e le previsioni medie emesse fino a 18 giorni prima dell'evento. La *figura* mostra anche l'anomalia positiva che ha caratterizzato il Mediterraneo, e l'Italia in particolare, alla fine di giugno. In entrambi i casi, le previsioni emesse due settimane prima dei due eventi danno un chiaro segnale che eventi anomali, freddi o caldi, sono possibili. In entrambi gli eventi, le previsioni emesse la settimana successiva

RAPPORTO ANNUALE ECMWF 2011

Il Centro europeo di Reading pubblica ogni anno un rapporto divulgativo che descrive i principali eventi dell'anno passato, una descrizione delle principali attività dell'Ecmwf e un'indicazione sui progetti futuri.

Il rapporto relativo all'anno 2011 illustra le attività di un anno "di transizione" per il Centro, come spiegano nell'introduzione il direttore generale Alan Thorpe e il presidente del Consiglio direttivo François Jacq: "Abbiamo pubblicato la nostra nuova Strategia 2011-2020, nuovo personale si è aggiunto, i nostri super computer sono stati potenziati, sono state introdotte nuove versioni migliorative del nostro sistema di previsione e abbiamo migliorato il livello delle nostre previsioni".

Il rapporto è scaricabile all'indirizzo www.ecmwf.int/publications/annual_report/



e valide per lo stesso periodo confermano tale possibilità. Questo tipo di prodotti viene usato sempre più nel settore energetico, in agricoltura, nel campo della salute, e in generale nella prevenzione e protezione civile, dove l'uso combinato di previsioni probabilistiche a scala mensile, l'analisi della consistenza tra previsioni di anomalie settimanali successive, e quindi l'uso delle previsioni giornaliere più recenti, porta chiari vantaggi ai loro utenti.

L'evoluzione delle capacità predittive di Ecmwf viene costantemente quantificata in maniera oggettiva, utilizzando indici oggettivi di accuratezza e affidabilità (tali indici vengono pubblicati periodicamente). Tali indici mostrano che agli inizi degli anni 80, Ecmwf era in grado di fornire previsioni di fenomeni atmosferici a scala sinottica con un buon livello di affidabilità fino a 4-5 giorni. Oggi, Ecmwf è in grado di fornire previsioni probabilistiche di eventi estremi a meso-scala con un buon livello di affidabilità fino a 2-3 giorni prima, di fenomeni atmosferici a scala sinottica con un buon livello di affidabilità fino a 7-10 giorni prima, e di fenomeni a grande scala con un buon livello di affidabilità fino a 2-3 settimane prima. Previsioni a scala stagionale, ritenute impossibili negli anni 80, sono



possibili ora in certe area del globo: ad esempio, nei tropici Ecmwf è in grado di prevedere fenomeni quali El Niño, con un grado di accuratezza e affidabilità più alta che non la climatologia fino a 13 mesi in anticipo. Purtroppo, a tutt'oggi le previsioni stagionali alle medie latitudini, e specialmente per l'Europa, rimangono molto difficili (la predicibilità dei fenomeni a grande scala su scale di tempo mensile/stagionale è una delle aree dove Ecmwf lavora per migliorare la qualità dei suoi prodotti, ad esempio utilizzando un modello dinamico dei ghiacci, e un modello dell'oceano più sofisticato e con una più alta risoluzione).

Come discusso in dettaglio nei due documenti di strategia per il 2011-2020, nei prossimi anni Ecmwf continuerà a lavorare intensamente per migliorare tutti i suoi sistemi di analisi e di previsione, come fatto nel passato, con l'obiettivo di fornire previsioni sempre più accurate e affidabili, e di fornire ri-analisi sempre più precise e complete, con l'obiettivo di fornire ai suoi utenti le previsioni migliori possibili.

Roberto Buizza

European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (Ecmwf), www.ecmwf.int

FIG. 3
PREVISIONE
A SCALA MENSILE

Esempi di prodotti Ecmwf per la previsione a scala mensile.
A sinistra: anomalie di temperatura a 2-metri previste per la settimana del 6/2-12/2/2012 (previsioni emesse il 2 febbraio e il 26 gennaio).
A destra: anomalie di temperatura a 2-metri previste per la settimana del 25/6-1/7/2012 (previsioni emesse il 21 giugno e il 14 giugno).
Le aree in rosso (blu) indicano zone dove la previsione mensile differisce in modo significativo dalla climatologia.

